

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh ramena bagru

Design of Excavator Arm

Student: Lukáš Freml

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michal Kolesár, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Freml**

Studijní program: **B2341 Strojírenství**

Studijní obor: **2302R010 Konstrukce strojů a zařízení**

Specializace: **21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení**

Téma: **Návrh ramena bagru
Design of Excavator Arm**

Zásady pro vypracování:

Vytvořte rešerši různých vyráběných řešení ramena bagru obsahující vyhodnocení charakteristik variant. Pro vybraný typ stroje proveďte konstrukční návrh ramena na základě vstupních technických parametrů. Vytvořte výkresovou dokumentaci a definujte provozní podmínky a doporučenou údržbu. Proveďte příslušné základní pevnostní výpočty.

Celková hmotnost stroje: 6 – 8 000 kg

Zatížení bagrovací lžíce: 150 kg

Rozsah bagrovacího zařízení:

- hloubka kopání, minimální: 4 500 mm
- vysunutí vodorovně se zemí, minimální: 6 000 mm
- provozní výška, minimální: 5 500 mm
- nakládací výška, minimální: 4 000 mm
- rotace lžíce, minimální: 180°

Seznam doporučené odborné literatury:

LIENVEBER, J., VÁVRA, P.: *STROJNICKÉ TABULKY* Třetí doplněné vydání, ALBRA - pedagogické nakladatelství, Úvaly, Havlíčkova 197, 2006.

KUBA, F.: *Pružnost a pevnost*, Vysoká škola báňská Ostrava, Ediční středisko VŠB, Ostrava 1990.

HUBKA, V.: *Konstrukční nauka*, Heurista, Zürich, 1995. 118 s. ISBN 80-90-1135-0-8.

GAJDUŠEK, J.; ŠKOPÁN, M.: *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*, skriptá VUT Brno, 1988

DRAŽAN, F. a kol.: *Teorie a stavba dopravníku*, skriptá ČVUT Praha, 1983

MYNÁR, B.: *Dopravní a manipulační zařízení*, elektronická skriptá VUT v Brně, 2002

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Kolesár**

Datum zadání: 17.02.2014

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 15. 5. 2014

..... 

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 15. 5. 2014

.....
.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: LUKAŠ FREML

Adresa trvalého pobytu autora práce: ŠTARNOV 85

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému školiteli Ing. Michalu Kolesárovi, Ph.D., za připomínky a trpělivost při psaní bakalářské práce.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem ramene bagru s volbou různých konstrukčních řešení. V návrhu konstrukce uvidíme tři zvolené koncepty řešení s určením toho nejvhodnějšího. Koncept A počítá s kratší délkou násady než je výložník. Koncept B je zvolen s délkou násady, která se shoduje s délkou výložníku. Koncept C je navržen s délkou násady přesahující délkou výložníku. Při výběru nejvhodnějšího konceptu řešení budou brány v úvahu výhody a nevýhody jednotlivých řešení, pro zvolení toho nejoptimálnějšího. Pro vybraný typ stroje je na základě vstupních parametrů proveden výpočet ramene bagru s následným ověřením stability stroje proti překlopení a ověřena jeho správná funkčnost. Na základě toho je zhotovena výkresová dokumentace. V neposlední řadě je zmíněna i údržba a provozní podmínky.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

This Bachelor paper deals with different design options of dipper arms for a mechanical shovel. Three conceptual options were scrutinized in an attempt at finding the best one. The "A" Option considers an undercutting dipper arm shorter than the boom. The "B" Option relies on the dipper arm as long as the boom. The "C" Option expects the arm to be longer than the boom. To choose the most suitable, optimal solution, the options will have their advantages and disadvantages assessed. A selected type of the machine, with the input parameters predetermined, will have the length of the arm calculated; the safety margin for tipping-over checked; and the performance tested. The results will be used to develop the relevant drawings. Finally, the paper will briefly discuss the maintenance and operational conditions.

OBSAH

ÚVOD	10
1 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY	11
1.1 DRUHY DOPRAVNÍCH A MANIPULAČNÍCH STROJŮ	11
1.2 DRUHY BAGRŮ	12
1.3 VÝROBCI BAGRŮ	15
1.4 ZÁKLADNÍ ČÁSTI BAGRU.....	16
1.4.1 Rám stroje	16
1.4.2 Podvozek.....	16
1.4.3 Rameno	17
2 CÍLE PRÁCE	20
3 NÁVRH KONSTRUKCE	21
4 ZÁKLADNÍ VÝPOČTY	26
4.1 URČENÍ SILOVÉHO PŮSOBENÍ NA VÝLOŽNÍK.....	26
4.2 URČENÍ NOSNOSTI NA KONCI NÁSADY	29
4.3 VÝPOČET STABILITY	31
5 PROVOZ A ÚDRŽBA	34
ZÁVĚR	35
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	36
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	37
SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE	39

ÚVOD

Bagr je jedním z velmi často využívaných pracovních strojů. Mnoho výrobců vyrábí širokou škálu různých konstrukčních řešení, ať už jde o odlišnosti v podvozku, tvaru a typu ramene nebo velikosti celého stroje.

První kapitola této práce pojednává obecně o současném stavu řešené problematiky. Zmiňuje rozdělení pracovních a manipulačních strojů, druhy bagrů, jejich výrobce napříč celosvětovým trhem a zejména základní části bagru. Druhá kapitola se poté soustřeďuje na obecný postup při sestavování konstrukčního návrhu. Třetí kapitola pouze shrnuje cíle práce, resp. základní parametry budoucího návrhu bagru.

Praktická část – kapitoly 3 a 4, se zabývají nejdříve volbou typu stroje a volbou různých řešení ramene bagru, a poté sestavením prvního konceptu. Následují základní výpočty, které nejdříve definují zbývající rozměry umožňující vytvořit kompletní rozměrové schéma, a poté se věnují i kontrole stability při zatížení lžice výsledného návrhu ramene. Závěrem se práce okrajově zmiňuje o provozních podmínkách a údržbě.

1 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

Dopravní a manipulační stroje zajišťují v dnešní době širokou škálu operací. Z logistického hlediska jsou nepostradatelnými prvky, které zabezpečují manipulaci, přepravu a skladování surovin, materiálu nebo zboží. Z technického hlediska zajišťují mnoho různých úkonů spojených s manipulací a přepravou nejenom v běžných podmínkách, ale také v náročném terénu – jako například odklizení sutin, odklizení po živelných pohromách, manipulace při těžbě dřeva atd. Tato první kapitola se zaměřuje nejprve obecně na druhy dopravních a manipulačních strojů a poté se zabývá zejména bagry – jejich druhy, výrobci a obecnou konstrukcí.

1.1 Druhy dopravních a manipulačních strojů

Dopravní a manipulační stroje rozdělujeme na dvě základní skupiny vyplývající již z jejich označení – tedy na dopravní a manipulační. Manipulační stroje jsou takové stroje, které jsou schopny zabezpečit komplex všech operací spojených s manipulací: nakládání, překládání, vykládání i přepravu. Dopravní stroje jsou takové stroje, které slouží k přemisťování materiálu, jež je na stroj naložen jiným mechanismem. Obecně tyto stroje a příbuzná zařízení rozděluje norma ČSN 26 0002 do následujících skupin (v závorkách jsou uvedeni typičtí zástupci dané kategorie) [1]:

- Zdvihací zařízení (jeřáb)
- Dopravní zařízení (dopravník)
- Zařízení pro operační a mezioperační manipulaci (manipulátor)
- Zařízení pro ložné operace (rýpadlo)
- Přepravní prostředky (kontejner)
- Skladovací zařízení (zakladač)
- Zařízení pro úpravu materiálu k manipulaci (balicí stroje)
- Dopravní prostředky (vozík) [1]

Práce se bude dále zabývat pouze bagry pro něž je návrh a úprava řešení hydraulického ramene určen. Tyto stroje se řadí do kategorie manipulačních strojů - konkrétně zařízení pro ložné operace.

1.2 Druhy bagrů

Pod pojmem bagr si dnes můžeme představit mnoho různých konkrétních strojů, a to jak jednoúčelových, tak i víceúčelových. Obecně můžeme bagry rozlišit na rypadla a nakladače, příp. jejich kombinaci v podobě rypadlo-nakladače (obr. 1–3). Hmotnost běžně používaných rypadel se pohybuje přibližně do 90 tun. U běžně používaných nakladačů je pak maximální hmotnost přibližně něco nad 30 tun.



Obr. 1: Rypadlo [2]



Obr. 2: Nakladač [3]



Obr. 3: Rypadlo-nakladač [4]

Dalším základním způsobem rozdělení bagrů je dělení podle druhu pohybového systému – na kolové a pásové. Pásové bagry jsou hojně využívány zejména na podmáčeném, bahnitém terénu, a to i díky tomu, že jejich váha je rozložena do větší plochy. Kolové bagry jsou pak vhodné zejména pro pohyb na pevném podkladu. Jejich výhodou oproti pásovému bagru je možnost rychlejšího pohybu na běžných silnicích. Speciálním druhem pohybového systému je tzv. kráčení. Kráčející rypadla jsou stroje, které se využívají v místech se ztíženou přístupností, ve svažitém terénu apod. Ke svému pohybu používají čtveřici kol, které jsou upevněny každé samostatně na vlastní podpěře. Délka podpěr je nastavitelná, ovládaná hydraulicky. Rypadlo díky tomu může přizpůsobit délku jednotlivých podpěr terénu (obr. 4).



Obr. 4: Kráčeající rypadlo [5]

Mezi speciální druhy bagrů patří bagr sací a korečkový. Sací bagr resp. sací vozidlo (obr. 5) má na hydraulicky ovládaném rameni sací hlavici, kterou nasává okolní materiál. Výkonný ventilátor dokáže vytvořit podtlak až 40 kPa a nasát tak částice až do velikosti 250 mm. S využitím Rootsova dmyhadla lze dosáhnout podtlaku až 7 kPa. Kromě pevných materiálů může sací bagr nasávat i kapaliny. Mimo jiné jsou některé sací bagry schopny plnit funkci i vyfukování [6]. Korečkový bagr má na konci ramene místo lžíce kotouč s tzv. korečky. Jedná se v podstatě o soustavu rypadel po obvodu kotouče, které jsou schopny efektivnější práce (obr. 6) [6].



Obr. 5: Sací bagr [7]



Obr. 6: Korečkové rypadlo [8]

Konstrukční řešení ramene, jehož návrhem se tato práce zabývá, je vhodné zejména pro bagry typu rypadlo, respektive rypadlo-nakladač.

1.3 Výrobci bagrů

Výrobou bagrů a dalších příbuzných strojů a zařízení se zabývá mnoho společností po celém světě. Mezi ty v České Republice nejznámější patří zejména firmy Caterpillar Inc., JCB, CASE CE nebo Liebherr. Z dalších jsou to pak například Akerman, Bobcat, Colmar, Doosan, Drott, Ford, Furukawa, Gallmac, Geismar, Hyundai, John Deere, Komatsu, Kramer, Macmoter, Mecalac, Neuson, New Holland, Schaeff, Terex a Volvo (obr. 7).



Obr. 7: Loga výrobců bagrů

1.4 Základní části bagru

Bagr se skládá z těchto základních částí: rameno, rám stroje, kabina obsluhy, motor s pohonným systémem a podvozek. Následující kapitoly se blíže věnují jednotlivým částem.

1.4.1 Rám stroje

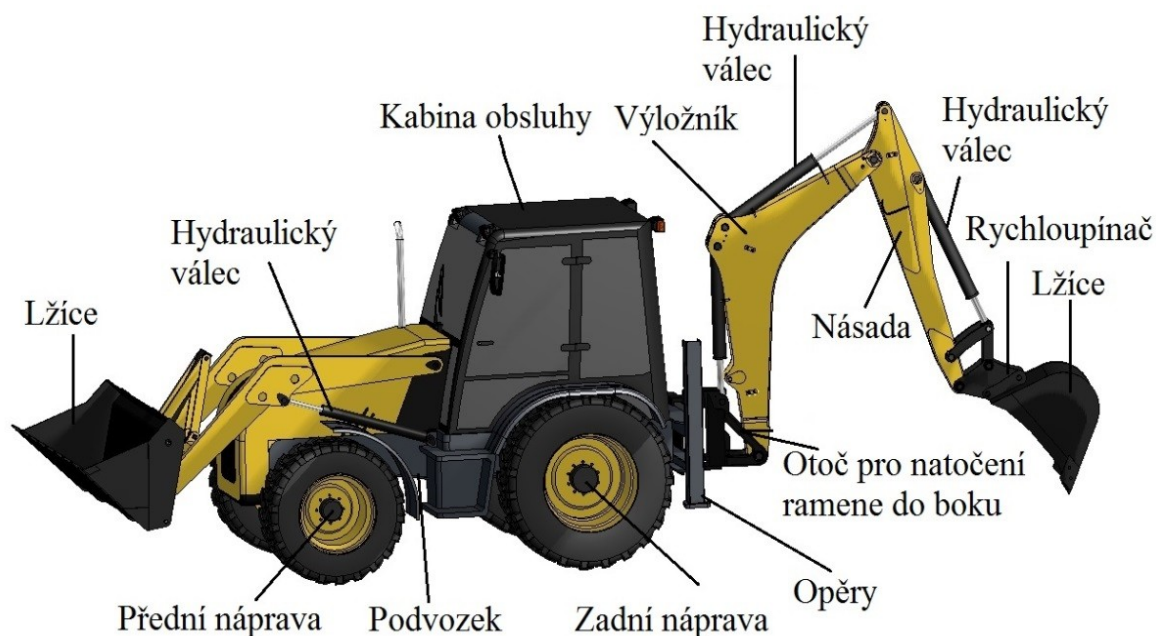
Rám stroje je základním prvek bagru. Spojuje všechny jeho části dohromady. Vespod nasedá na podvozek a shora je na něj osazena kabina obsluhy. Také je v něm uložen motor.

1.4.2 Podvozek

Podvozek je důležitou součástí bagru – umožňuje stroji pohyb. Jeho konstrukce musí splňovat všechny požadavky pro práci v daném terénu a za daných podmínek. Jak již bylo zmíněno v kap. 1.2 Druhy bagrů, podvozek je dvojího základního druhu: kolový a pásový.

Ovládání pohybu je umístěno v kabině pro obsluhu. Hnací sílu tvoří motor umístěný pod kabinou. Dnešní stroje používají už většinou turbo-dieselový. Podle výkonu se většinou používají vznětové šesti-válce. Výkon motoru se přenáší přes převodový mechanismus na pohaněné nápravy. Pohon pracovního stroje pak můžeme rozdělit na pohon pojezdu a pohon nástavby. Díky snadné připojitelnosti a kompaktním rozměrům se využívá hydraulického převodu. A díky hydraulickému válci je možné nejsnadněji, bez převodu, vyvodit přímočarý pohyb.

Při pohybu dochází k vysouvání pístnice a tím i pohybu celého hydromotoru, proto je přívod pracovní kapaliny (hydraulického oleje) do hydromotoru řešen pomocí ohebných a pohyblivých vysokotlakých hadic. Tlak hydrostatického válce může dosahovat až 35 MPa.



Obr. 8: Popis jednotlivých částí bagru

Jednotlivá kola u kolového podvozku tvoří ráfek s diskem, hlava neboli náboj kola a pneumatika. Avšak pneumatiky nenesou hlavní zátěž při pracovní činnosti. Pro vyšší nosnost je třeba tuhé opření podvozku o okolní terén. K tomu jsou určeny tzv. opěry. Eliminují vliv pružnosti pneumatik a zvýší stabilitu celého bagru při práci.

Pásový podvozek je používán především díky vyšší maximální nosnosti a snadnějšímu pohybu v těžkém terénu. Mají lepší stabilitu než kolový podvozek – absence opěr.

1.4.3 Rameno

Rameno neboli podkop tvoří základní pracovní část všech bagrů. Je umístěn na nosném rámu stroje. Může být složeno až z několika částí, které jsou navzájem spojené za pomoci čepů a pohyblivých hydraulických válců. Nejbližší ke kabině je umístěna část podkopu nazývá výložník (základní rameno). Výložníky rozdělujeme podle počtu prvků. Jednodílný je jednoduché, levné a spolehlivé řešení. Většinou se využívá u minibagrů, rypadel-nakladačů či kráčivých bagrů. Dvou a více-dílný výložník má větší rozsah pracovních

pohybů hlavně při hloubení v sevřených výkopech nebo pracích přímo pod strojem. Další částí podkopu je násada. Na jejím spodním konci je připevněna lžíce. Násada se odlišuje a podle pracovního určení stroje mohou násady být buď standardní, s velkým dosahem nebo s teleskopickým výsuvem. Samotná lžíce se na konci násady upevňuje buď přímo, nebo s využitím tzv. rychloupínače. Rychloupínač je zařízení, sloužící ke snadnější výměně lžic nebo jiných pracovních nástrojů (obr. 9). Ovládá se mechanicky nebo hydraulicky. Některé typy v sobě obsahují přímo i rotátor, sloužící k natáčení lžíce. V některých případech i o 360 stupňů.



Obr. 9: Rychloupínač [9]

Další pracovní nástroje: hydraulické kladivo, demoliční kleště, vibrační desky, zemní vrták, drapák, vidle, jeřábový nástavec, atd.

Podkop je upevněn na rámu stroje, na kterém se obvykle nachází i kabina obsluhy a motor s hydraulickým systémem.

Dále se však budu zabývat, jednou, z nejdůležitějších částí bagrů a to je právě již zmínované rameno bagru neboli podkop (obr. 10), u kterého budou řešena jednotlivá konstrukční řešení včetně jejich vyhodnocení a určení nejvhodnějšího řešení. Pro vybraný způsob řešení následně provedu základní pevnostní výpočty a výkresovou dokumentaci.



Obr. 10: Rameno bagru

Rameno bagru se skládá z otoče, výložníku a násady. Tyto jednotlivé dílce jsou potom spojeny čepy a pro pohyb slouží hydraulické válce, které jsou také uchyceny k jednotlivým částem pomocí čepů.

Výložník a násada může být různých tvarů a konstrukčních změn.

Kromě ramene, které vidíme na obrázku, může být rameno také tvořeno výložníkem a dále násadou, která se má v sobě jako by další násadu, která se vysune pomocí hydraulického válce. Toto řešení nám umožňuje dosažení delších vzdáleností dosahu ramene bagru při daných pracích. Tato varianta je ale konstrukčně náročnější a také cenově nákladnější na výrobu. Při výběru varianty ramene je nutné zohlednit požadovanou celkovou hmotnost stroje a definovaný dosah ramene vzhledem k druhu prací k nimž bude určen.

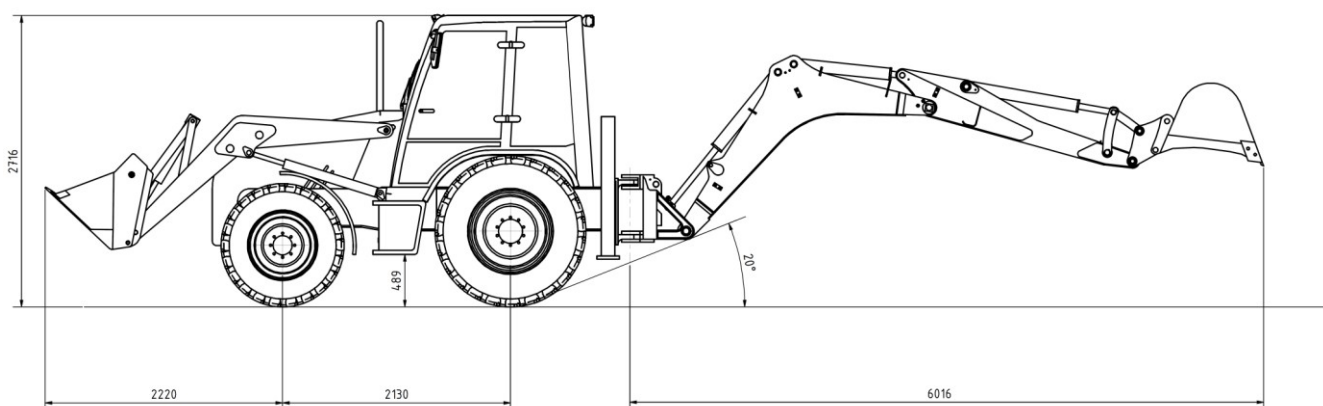
2 CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je provést konstrukční návrh ramene bagru na základě vstupních parametrů zadání, a k tomu vytvoření výkresové dokumentace, definováním provozních podmínek, doporučením údržby a provedením základních pevnostních výpočtů. Konstrukční návrh má být proveden na vybraném typu stroje.

Parametry zadání

- celková hmotnost stroje 6–8000 kg
- zatížení bagrovací lžíce: 150 kg
- rozsah bagrovacího zařízení:
 - a) hloubka kopání min. 4500 mm
 - b) vodorovné vysunutí se zemí min. 6000 mm
 - c) rotace lžíce min. 180°
 - d) provozní výška min. 5500 mm
 - e) nakládací výška min. 4000 mm

Na obr. 11 je znázorněn celý rypadlo-nakladač s navrženým ramenem, které splňuje parametry zadání.



Obr. 11: Schéma celkového stroje s navrženým ramenem

3 NÁVRH KONSTRUKCE

Pro návrh konstrukce ramene bagru byl zvolen rýpadlo-nakladač s označením TLB840 od firmy Terex (obr. 12). Celková hmotnost tohoto stroje činí 7210 kg, a to se standardním vybavením včetně plné nádrže paliva a 75 kg vážící obsluhy. Výkon motoru je 65,7 kW. Tyto bagry patří k nejvíce rozšířeným a nejkvalitnějším výrobcům, jako jsou například i Caterpillar, JCB nebo Volvo.



Obr. 12: TLB840 firmy Terex [10]

Bagry firmy Terex jsou osazeny několika tvarově odlišnými typy ramen. Nejvíce se liší zejména tvarem výložníku. U již zmíněného rýpadlo-nakladače TLB840 je rameno výložníku lomené pod velkým rádiusem a jeho pohyb zajišťují hned 2 hydraulické válce. Toto řešení umožňuje zejména kratší vzdálenost od nakladače. Detail tvaru ramene je na (obr. 13).

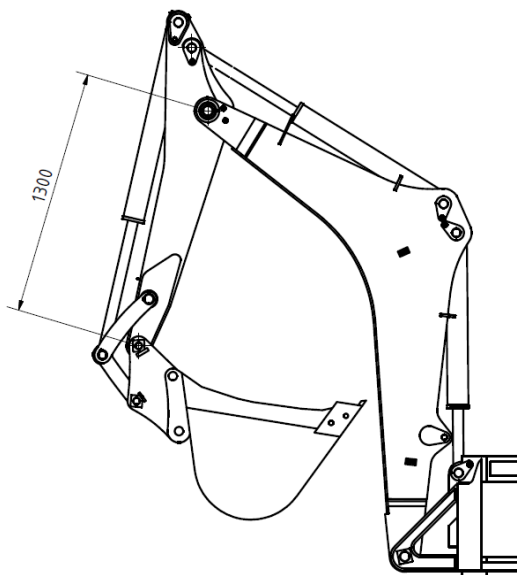


Obr. 13: Detail tvaru ramene pro TLB840 [11]

Na základě zkušeností získaných ve firmě Terex při technologických operacích výroby vycházím při vytváření návrhu ramene z ověřené konstrukce použité u bagrů výše zmíněné firmy. Místo standardní násady s výsuvem jsem zvolil pouze násadu bez výsuvu. S využitím základní geometrie ramene byly nejdříve vytvořeny 3 koncepty ve formě skic (obr. 14 – 16), a to s důrazem na rozdílný poměr délek podkopu a výložníku.

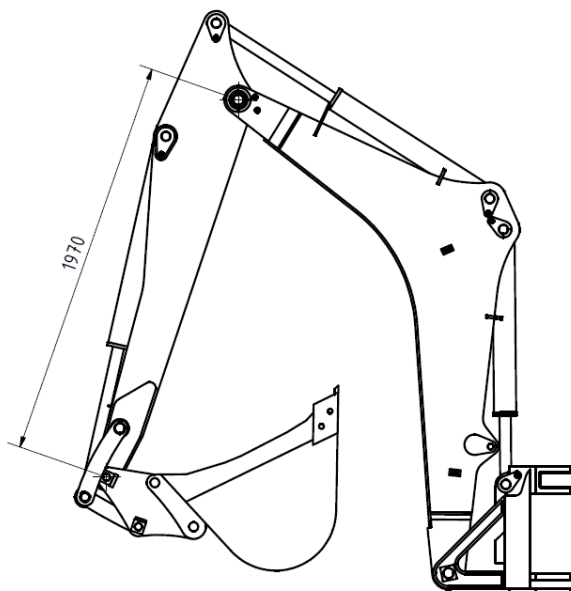
Koncept A počítá s kratší délkou ramene podkopu. Tato varianta by umožnila větší zatížení lžice při maximálním vodorovném vysunutí ramene. Ztížena by ale byla manipulace v menších, omezených prostorech, kde by byl zároveň zapotřebí dosah do co největší hloubky. Naopak u konceptu C, u něž je podkop delší než výložník, by se velmi rychle snižovalo povolené zatížení lžice s prodlužující se délkou vodorovného vysunutí ramene. Nejvhodnější variantou se tedy jeví koncept B, který uvažuje poměr délek podkopu a výložníku blízký poměru 1:1. Tento koncept byl proto zvolen jako výchozí pro konstrukci spolu s již zmíněnou základní geometrií ramene TLB840.

NÁVRH A



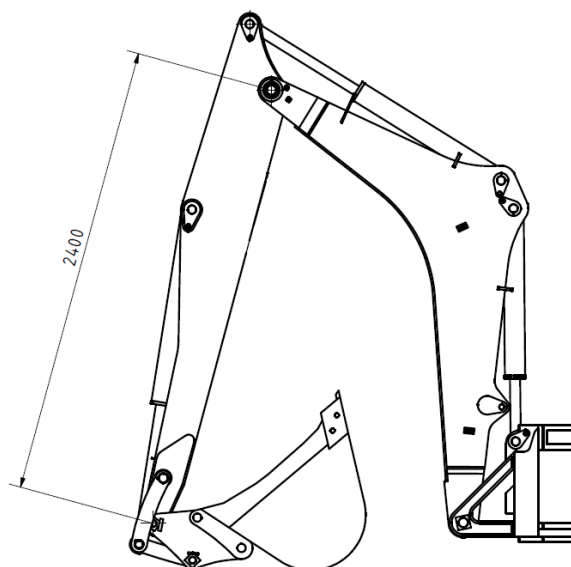
Obr. 14: Koncept A

NÁVRH B



Obr. 15: Koncept B

NÁVRH C

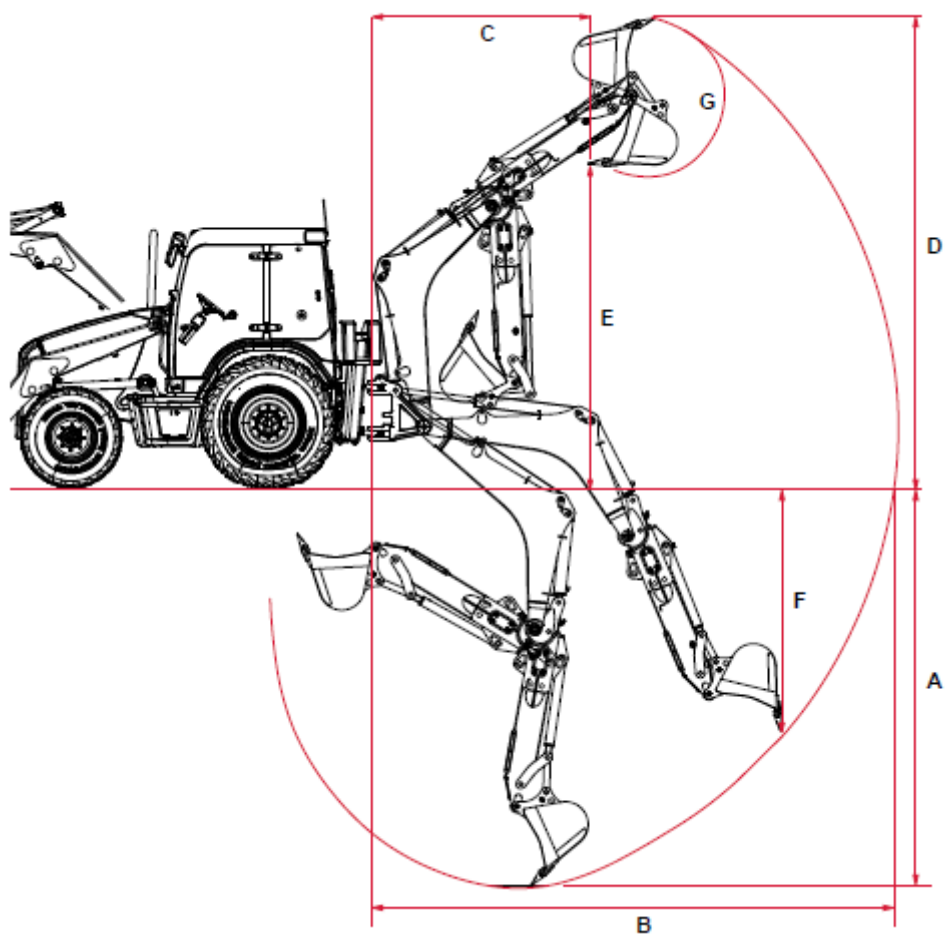


Obr. 16: Koncept C

Pro popis základních parametrů výsledného návrhu je použito přehledného schématu na obr. 17, kdy význam symbolů je shrnut v tab. 1.

Tab. 1 Parametry ramene

A	Maximální hloubka
B	Vodorovné vysunutí se zemí
C	Nakládací dosah
D	Provozní výška
E	Nakládací výška
F	Maximální hloubka kolmé stěny
G	Rotace lžíce



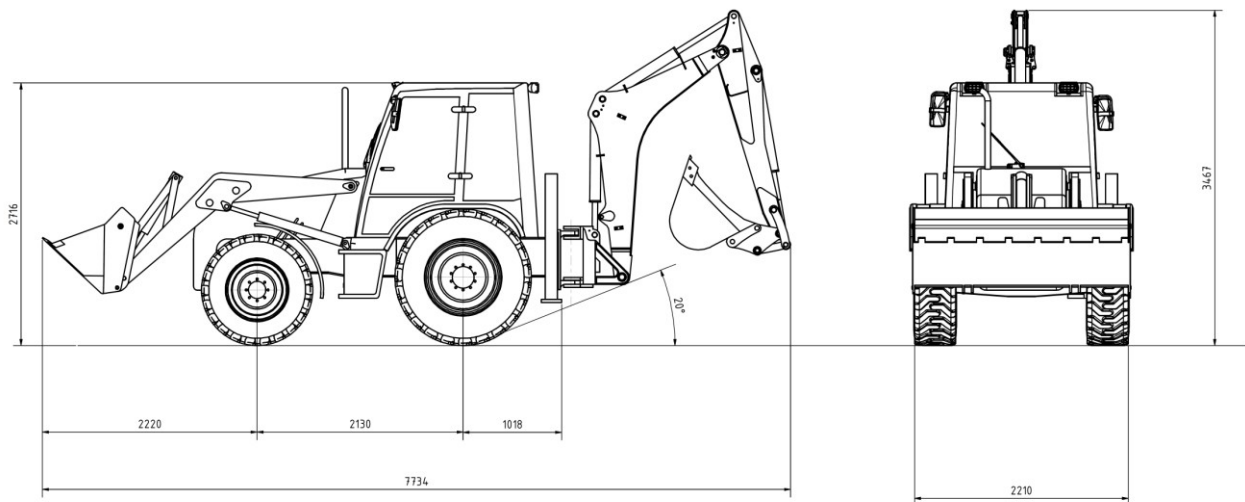
Obr. 17: Schéma základních parametrů ramene [12]

4 ZÁKLADNÍ VÝPOČTY

Na základě souboru parametrů, konceptu B a základní tvarové geometrie byl sestrojen konstrukční návrh ramene. Některé základní délky vystihující požadovanou tvarovou geometrii základních dílů ramene byly zvoleny a zbývající rozměry byly následně vypočteny. Následující podkapitoly se tak postupně věnují určení silového působení na výložník určení nosnosti na konci násady, výpočtu stability a závěrečná kapitola shrnuje kontrolní výpočty únosnosti při daném zatížení lžice.

4.1 Určení silového působení na výložník

Při určování silového působení na výložník a výpočtech geometrie ramene bylo použito schéma bagru, které je na obr. 18. Z tohoto schématu budeme vycházet pro výpočet.



Obr. 18: Schéma bagru

Při určení silového působení bereme násadu a lopatu brány jako tuhý celek.

Vstupní parametry jsou:

Síla PČH (hydraulický válec) násady: 259,672kN (sílu jsme si spočítali) viz. níže

Poloha při největší rypné síle

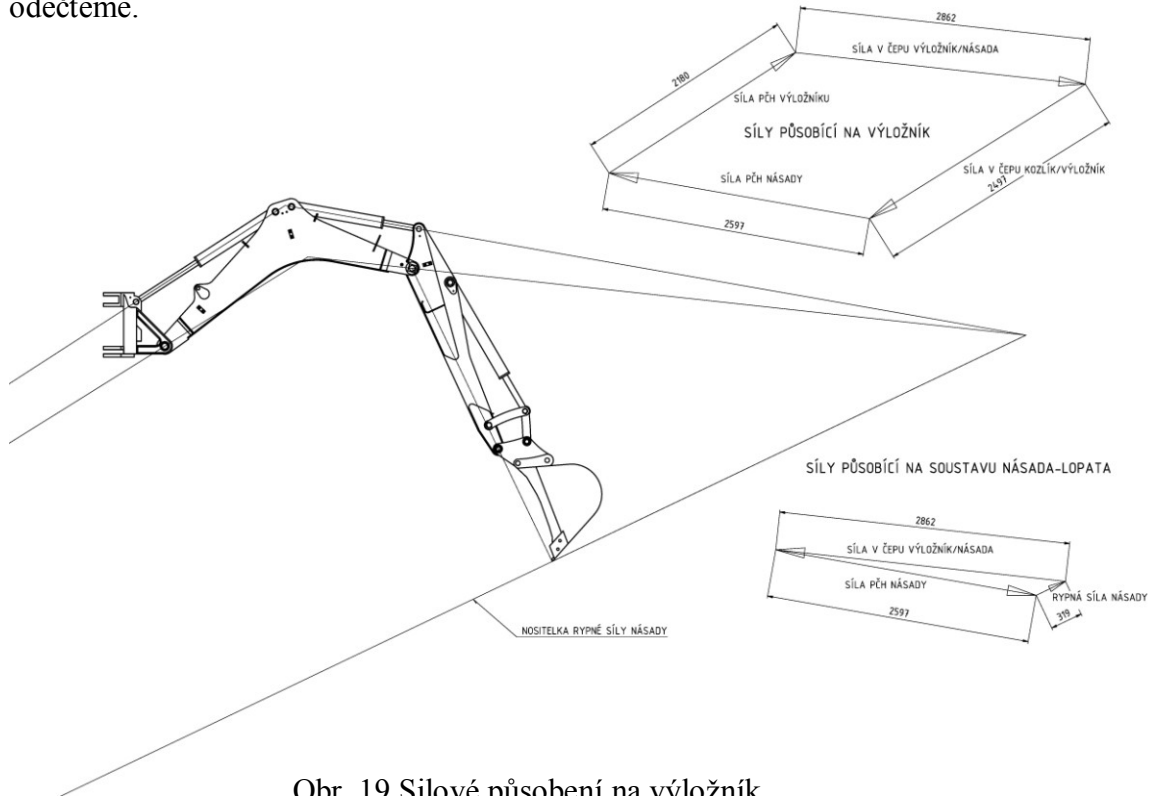
Tlak oleje 25MPa

Průměr pístu 115mm

Výpočet síly PČH násady:

$$F_{\text{NÁSADY}} = S_{\text{PÍSTU}} \cdot p_{\text{OLEJE}} = \frac{\pi \cdot 115^2}{4} \cdot 25 = 259672 \text{ N} = 259,67 \text{ kN}$$

Na základě těchto vstupních parametrů si v programu Inventor rozkreslíme silové působení v libovolně definovaném měřítku (obr. 19) a zbylé potřebné síly s tohoto obrazce odečteme.



Obr. 19 Silové působení na výložník

Na obrázku jsou znázorněné jednotlivé síly, které zde působí. Vycházíme s již zmiňované síly PČH násady, kterou jsme si vynesli v definovaném měřítku.

Prvně si vezmeme obrazec síly působící na soustavu násada-lopata:

Máme zanesenou sílu PČH násady a k ní vedeme následně rovnoběžku síly v čepu výložník-násada a rovnoběžku rypné síly násady. Po vynešení dostaneme uzavřený obrazec, který nám po změření říká, že rypná síla má velikost $F_{\text{RYPNÁ}} = 31,9 \text{ kN}$ a velikost síly v čepu výložník-násada je $F_{\text{V-N}} = 286,2 \text{ kN}$.

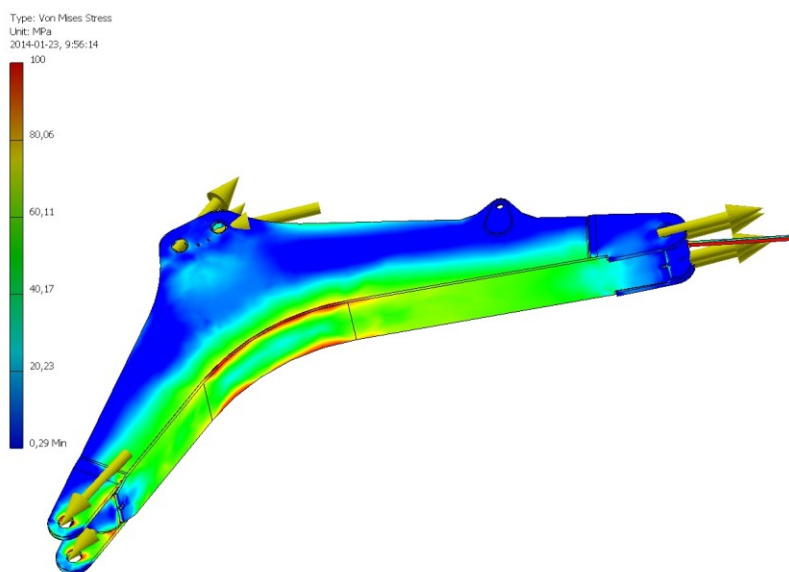
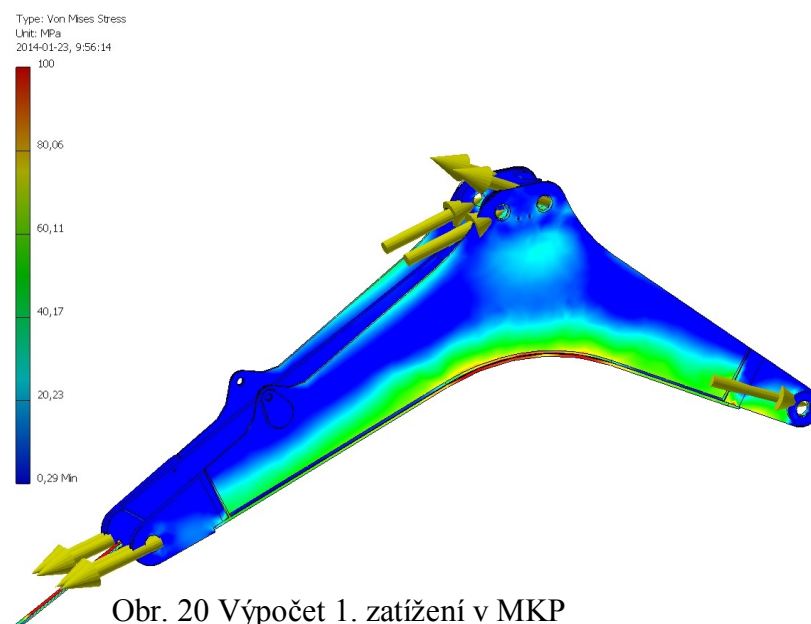
Následuje obrazec působících sil na výložník:

Vycházíme opět ze síly PČH násady a k ní vedeme následující rovnoběžky: nositelku PČH výložníku, nositelku síly v čepu kozlík-výložník a nositelku síly v čepu výložník-násada.

Následně pak můžeme zase odečíst velikosti jednotlivých působících sil.

Síla působící v čepu výložník násada je shodná jako u předchozího obrazce o velikosti $F_{V-N}=286,2\text{kN}$. Dále je zde síla v PČH výložníku o velikosti $F_{\text{VÝLOŽNÍKU}}=218,0\text{kN}$ a síla působící v čepu kozlík-výložník o velikosti $F_{K-V}=249,7\text{kN}$.

Po dokončení tohoto rozboru můžeme pomocí metody konečných prvků (dále jen MKP) aplikované na model ramene s vyznačenými působícími silami označit místa kde působí největší tlak a kde dochází k největší deformaci (obr. 20 a 21).



Na modelech je vidět ve kterém místě se výložník nejvíce deformuje vlivem působících sil určených ze silových obrazců (které zde jsou znázorněny pomocí šipek).

Šipky vlevo dole znázorňují sílu v čepu kozlík/výložník $F_{K-V} = 249,7 \text{ kN}$

Šipky nahoře směřující vpravo nám znázorňují sílu PČH výložníku $F_V = 218,0 \text{ kN}$

Šipky nahoře směřující vlevo nám znázorňují sílu v čepu výložník/násada $F_{V-N} = 286,2 \text{ kN}$

Šipky vpravo dole nám znázorňují sílu PČH násady $F_{NÁŠADY} = 259,7 \text{ kN}$.

4.2 Určení nosnosti na konci násady

Zde si určíme maximální sílu (nosnost) na konci násady, kterou následně poslouží ke kontrole stability stroje tzn. aby nedošlo k převrácení stroje. Zvolená poloha při plném vyložení násady znamená, že prošetřovaným bodem bude ten, jež je nejvíce vyložený od stroje.

Vstupní parametry jsou:

Síla PČH (hydraulický válec) výložníku: 156,48kN (sílu jsme si spočítali) viz. níže

Poloha při největším vyložení pracovního zařízení

Tlak oleje 20,7MPa

Průměr pístu 115mm

Průměr pístní tyče 60mm

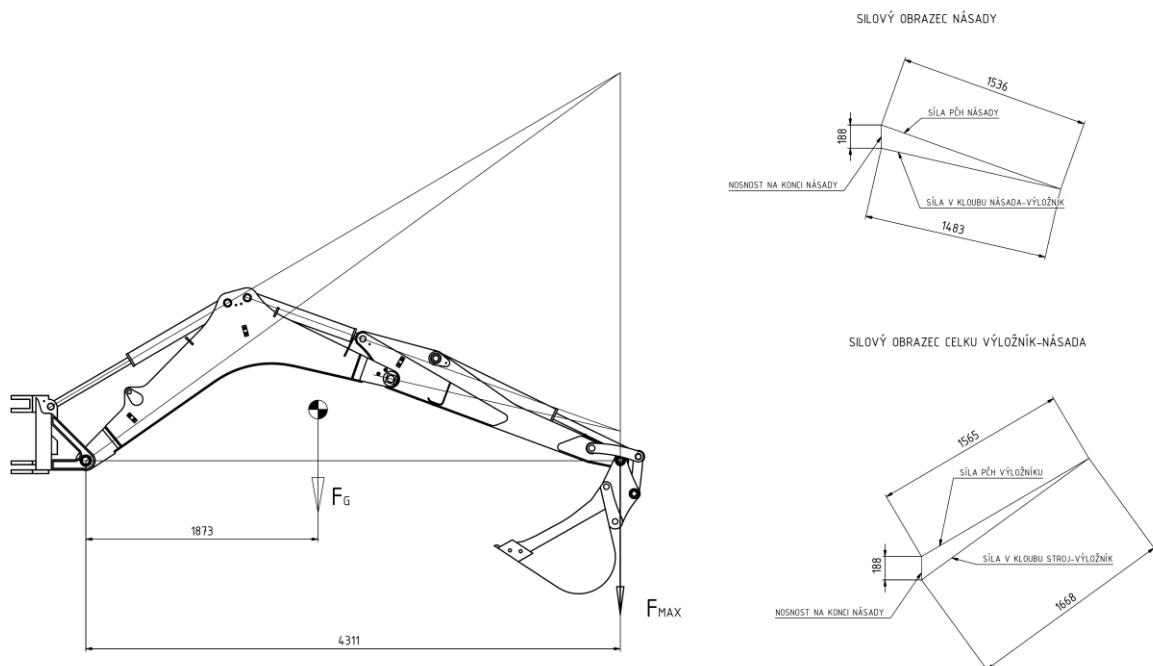
Hmotnost pracovního zařízení $m_{\text{prac.Z}} = 1152 \text{ kg}$

Výpočet síly PČH výložníku:

$$F_{\text{VÝLOŽNÍKU}} = (S_{\text{PÍSTU}} - S_{\text{PÍSTNÍ TYČY}}) \cdot p_{\text{OLEJE}} = \left(\frac{\pi \cdot 115^2}{4} - \frac{\pi \cdot 60^2}{4} \right) \cdot 20,7 =$$

$$= 156480 \text{ N} = 156,48 \text{ kN}$$

Na základě těchto vstupních parametrů si nakreslíme v kreslicím programu inventor silové obrazce v určitém měřítku (obr. 22) a zbylé potřebné síly s tohoto obrazce následně vyčteme.



Obr. 22 Určení nosnosti na konci násady

Síla F_g stejně jako hmotnost zařízení je odečtena ze softwaru kde jsou skutečné rozměry včetně volby daného materiálu a dalších potřebných parametrů pro určení hmotnosti a síly.

Na obrázku jsou znázorněny jednotlivé síly působící na rameno. Vycházíme s již zmiňované síly PČH výložníku, kterou jsme si vynesli v definovaném měřítku.

Prvně si vezmeme silový obrazec celku výložník-násada:

Máme zanesenou sílu PČH výložníku a k ní vedeme následně rovnoběžku síly v kloubu stroj-výložník a rovnoběžku PČH výložníku. Po vynesení dostaneme uzavřený obrazec, který nám po změření říká, že zjištěná síla v kloubu stroj-výložník je $F_{s-v} = 166,8 \text{ kN}$ a maximální síla (nosnost) na konci násady $F_{max} = 18,8 \text{ kN}$.

Dále silový obrazec násady:

Po vypočtení maximální síly F_{\max} si zakreslíme silový obrazec násady. K síle F_{\max} vyneseme následující rovnoběžky: nositelku PČH násady a nositelku síly v kloubu násada-výložník.

Poté můžeme opět odečíst velikosti jednotlivých působících sil.

Síla působící v PČH násady má velikost $F_{\text{NÁSADY}} = 153,6 \text{ kN}$. Dále je zde síla v kloubu násada-výložník o velikosti $F_{\text{V-N}} = 148,3 \text{ kN}$.

Tento silový obrazec nám slouží pro ověření, zda síla ve válci není větší než dokáže válec vyvinout tzn. že síla PČH násady je menší než síla PČH výložníku. V opačném případě by výložník sice zatížení zvládnul, ale násada ne.

4.3 Výpočet stability

Výpočtem stability zjistíme, zda se při zatížení bagrovací lžice stroj nezačne převracet. Mimo jiné při výpočtech zjistíme, jak velkou silou budeme moci bagrovací lžici zatížit, aniž by došlo ke ztrátě stability stroje. Pro výpočet budeme vycházet z obr. 23.

Vstupní parametry pro výpočet jsou:

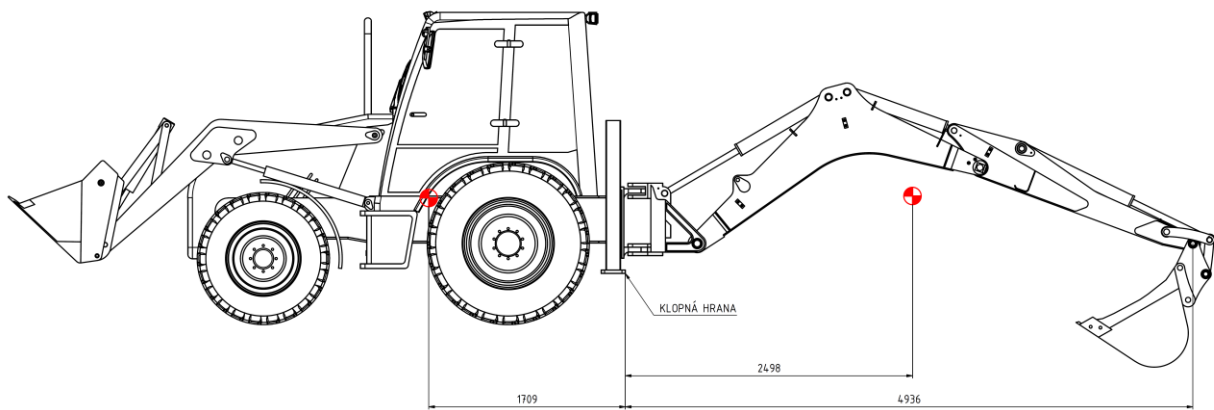
Hmotnost stroje (bez pracovního zařízení) $m_{\text{Stroje}} = 6058 \text{ kg}$

Hmotnost pracovního zařízení $m_{\text{Prac.Z}} = 1152 \text{ kg}$

Maximální síla na konci násady, kterou máme z bodu 4.2 $F_{\max} = 18,8 \text{ kN}$

Těžiště stroje (bylo určeno pro výpočet v programu inventor)

Důležitý je klopný bod, ke kterému budeme vztahovat jednotlivé momenty. Tento bod je zadní hrana opěry (patky).



Obr. 23 Schéma pro výpočet stability

- a) Klopný moment od hmotnosti pracovního zařízení:

$$M_{KP} = m_{PRAC.Z} \cdot a \cdot l_1 = 1152 \cdot 10 \cdot 2,498 = 28777 \text{ Nm}$$

- b) Klopný moment od zatížení na konci násady:

$$M_Z = F_{MAX} \cdot l_2 = 18800 \cdot 4,936 = 92797 \text{ Nm}$$

- c) Stabilizační moment od hmotnosti stroje:

$$M_S = m_{STROJE} \cdot a \cdot l_3 = 6058 \cdot 10 \cdot 1,709 = 103531 \text{ Nm}$$

- d) Celkový klopný moment:

$$M_{KC} = M_{KP} + M_Z = 28777 + 92797 = 121574 \text{ Nm}$$

Došli jsme k závěru, že celkový klopný moment M_Z je větší než moment stabilizační M_S . Z tohoto výsledku vyplývá, že pokud je stroj zatížen silou $F_{max} = 18,8 \text{ kN}$, tak ztrácí stabilitu a začíná se převracet.

Musíme určit novou maximální sílu F_{max} , která nám zaručí, aby nedošlo k nestabilitě a tím k převrácení stroje.

Určení maximálního zatížení na konci násady na základě stability stroje:

- a) Maximální klopný moment od zatížení:

$$M_{Z_{max}} = M_S - M_{KP} = 103531 - 28777 = 74754 \text{ Nm}$$

b) Maximální zatěžující síla na konci násady:

$$F_{Z_{\max}} = M_{Z_{\max}} / l_2 = 74754 / 4,936 = \underline{\underline{15145 \text{ N}}}$$

Výsledek:

Zatížení, které je stroj schopen na konci násady uzvednout silou vyvinutou přímočarými hydromotory nevyhovuje podmínce stability stroje.

S ohledem na stabilitu byla stanovena maximální zátěž, která činí 1515kg a je to mezní zatížení na hraně stability.

Vzhledem k limitované přesnosti výpočtu sil a při stanovení polohy těžiště stroje se doporučuje pro bezpečné zvedání nepřekročit hodnotu zátěže 1300kg.

5 PROVOZ A ÚDRŽBA

Pro zajištění správné funkce a spolehlivosti stroje je zapotřebí, aby obsluha znala návod k obsluze daného stroje a prováděla pravidelnou údržbu. Návod i popis údržby udává výrobce. V některých případech jsou tyto informace vylepeny přímo na stroji. Plán mazání/údržby je třeba přesně dodržovat, k tomu slouží např. počítadla provozních hodin motoru stroje.

Před zahájením údržby je třeba vybrat vhodný prostor, nejlépe rovný, tvrdý a ve volném terénu. Pro usnadnění práce se stáhne rameno výložníku a položí pracovní nástroj na zem. Jestliže výrobce neuvádí jinak, musí být veškerá údržbová práce prováděna při vypnutém motoru a vytaženém klíčku zapalování. Důležité je též vyčkat, dokud stroj nevychladne.

V případě centrálního mazání je třeba kontrolovat jeho funkčnost minimálně jednou týdně. Před mazáním stroje se důkladně očistí tlakové maznice, a to samé platí i pro plnicí otvory při plnění provozními kapalinami. Do vnitřních částí nesmí proniknout žádný prach a nečistoty.

Ke každodenní údržbě patří kontrola upevnění hadic hydraulického okruhu a vizuální prohlídka. Veškeré intervaly a pokyny jsou uvedeny vždy v plánu údržby.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo jednak vytvořit řešerši problematiky bagrovacích strojů, a jednak vytvořit konstrukční návrh ramene bagru na základně vstupních parametrů.

- Pro konstrukční návrh ramene byl jako typový stroj vybrán bagr TLB840 od firmy Terex.
- Jako tvarový typ ramene bylo vybráno rameno s lomeným výložníkem, který je ovládán 2 hydraulickými válci.
- Na základě tohoto dodatečného definování požadavků byla nejdříve zhodnocena variabilita vzájemné délky podkopu a výložníku – jako nejvhodnější byla zvolena varianta s přibližným poměrem 1:1.
- Schéma bagru nám umožnilo určit základní rozměry pro určení silového působení na výložník. Toto nám posloužilo při výpočtu zatížení na stabilitu stroje pomocí metody konečných prvků
- Schéma určení nosnosti na konci násady a s tím spjaté schéma pro výpočet stability nám posloužily pro určení, zda se stroj převrátí při maximálním zatížení, popřípadě určit nové maximální zatížení, které nám zajistí stabilitu stroje.
- Kontrolní výpočty potvrdily stabilitu ramene při zatížení 1300kg, což automaticky potvrzuje i stabilitu při zatížení 150kg.
- Tento konstrukční návrh je vhodný k detailnějšímu rozpracování a k případnému sestrojení funkčního prototypu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] POLÁK, J., PAVLISKA, J., SLÍVA A. *Dopravní a manipulační zařízení I*. Elektronická skripta VŠB-TUO
- [2] COBBLER. *Nákup kolového rypadla*. [online] 2008 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.cobbler.cz/nakup-koloveho-rypadla.html>
- [3] JIŘÍ BRÁZDA. *Zemní práce*. [online] 2013 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://jiribrazda.brnensko.com/>
- [4] JR-BAU. *Stavební stroje*. [online] 2013 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://jr-bau.cz/stavebni-stroje.html>
- [5] CZECH M.A.T. *Rypadla krácející*. [online] 2013 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.czechmat.cz/rypadla-kracejici/>
- [6] WIKIPEDIE. *Bagr*. [online] 2013 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bagr>
- [7] KAMIOŇÁCI. *Kde se vzal sací bagr?* [online] 2011 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://kamionaci.cz/novinky/kde-se-vzal-saci-bagr>
- [8] PORTÁL AKTUÁLNĚ. *Václav Klaus na korečkovém bagru. Prezident křtil rypadlo Severočeských dolů*. [online] 2013 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://aktualne.centrum.cz/domaci/fotogalerie/2011/06/06/vaclav-klaus-koreckovy-bagr-rypadlo-krest-dul/foto/377449/>
- [9] STAVES. *Základní části bagru*. [online] 2013 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.staves.cz/zakladni-casti-bagru/>
- [10] HEAVY MACHINERY. *Terex TLB840E Backhoe Loader*. [online] 2012 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.publiquip.com/heavy-equipment-M/Terex-Backhoe-Loader-746839770.htm>
- [11] TEREX. *TLB840 Backhoe Loader*. Elektronický prospekt firmy, 2010. 20 s.
- [12] TEREX. *TLB840*. Elektronický prospekt firmy, 2011. 6 s.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

Seznam použitých zkratk:

PČH - přímočarý hydromotor (hydraulický válec)

Seznam použitých symbolů a veličin:

p_{OLEJE} [MPa]	- tlak oleje v hydraulickém válci
$S_{\text{PÍSTU}}$ [mm ²]	- plocha pístu PČH
$S_{\text{PÍSTNÍ TYČY}}$ [mm ²]	- plocha pístní tyče PČH
$F_{\text{NÁSADY}}$ [N]	- síla PČH násady
$F_{\text{RYPNÁ}}$ [N]	- rypná síla
$F_{\text{V-N}}$ [N]	- síla v čepu výložník-násada
$F_{\text{VÝLOŽNÍKU}}$ [N]	- síla PČH výložníku
$F_{\text{K-V}}$ [N]	- síla v čepu kozlík-výložník
F_g [N]	- tíhová síla působící na pracovní zařízení
$F_{\text{S-V}}$ [N]	- síla v kloubu stroj-výložník
F_{MAX} [N]	- maximální síla (nosnost) na konci násady
F_{ZMAX} [N]	- nová maximální zatěžující síla na konci násady
$m_{\text{Prac.Z}}$ [kg]	- hmotnost pracovního zařízení
m_{Stroje} [kg]	- hmotnost stroje bez pracovního zařízení
a [m · s ⁻²]	- zrychlení
l_1 [mm]	- vzdálenost od těžiště pracovního zařízení ke klopnému bodu
l_1 [mm]	- vzdálenost od konce násady ke klopnému bodu
l_1 [mm]	- vzdálenost od těžiště stroje ke klopnému bodu
M_{KP} [Nm]	- klopný moment od hmotnosti pracovního zařízení

M_z [Nm]	- klopný moment od zatížení na konci násady
M_s [Nm]	- stabilizační moment od hmotnosti stroje
M_{KC} [Nm]	- celkový klopný moment
M_{zmax} [Nm]	- maximální klopný moment od zatížení

SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

Seznam příloh:

Příloha I. Celkový model traktor-bagr

Seznam výkresové dokumentace:

Výkres sestavy pracovního zařízení

Výrobní výkres výložníku

PŘÍLOHA P I: CELKOVÝ MODEL TRAKTOR-BAGR

